

Testenhet för manöverdon på mellanspänningsställverk

Jesper Ceder

Examensarbete för ingenjör (YH)-examen

Utbildningen el- och automationsteknik

Vasa 2018



EXAMENSARBETE

Författare:	Jesper Ceder
Utbildning och ort:	El- och automationsteknik, Vasa
Inriktningsalternativ/Fördjupning:	Elkraftsteknik
Handledare:	Ronnie Sundsten

Titel: Testenhet för manöverdon på mellanspänningsställverk

Datum 26.4.2018

Sidantal 31

Bilagor 12

Abstrakt

Detta arbete omfattar planeringen av en testenhet som kommer att användas till ett manöverdon för ett mellanspänningsställverk. Testenheten planeras i samband med ett utvecklingsprojekt av mellanspänningsställverket VEKE 24.

Målet med testenheten var att monterarna skall kunna säkerställa att manöverdonet är fullständigt före de monterar manöverdonet i ställverksfacket. Tidigare har manöverdonet varit internt kopplat med ställverket, men i och med uppdateringen kommer det framöver att vara kopplat med stickkontakter vilket möjliggör testningen före monteringen. Manöverdonet är inkluderat i ställverkets styrning och bidrar till driftsäkerheten, därmed är det väsentligt att manöverdonet fungerar som det skall.

Testenheten kommer att bidra till tidsbesparing och underlätta vid eventuellt uppkomna felkopplingar i ställverket, eftersom man i felsökningsskedet kan utesluta manöverdonet och således undvika demontering.

Språk: svenska

Nyckelord: elstation, mellanspänningsställverk, manöverdon

OPINNÄYTETYÖ

Tekijä:	Jesper Ceder
Koulutus ja paikkakunta:	Sähkötekniikka, Vaasa
Suuntautumisvaihtoehto:	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja:	Ronnie Sundsten

Nimike: Keskijännitekojeiston toimilaitteen testiyksikkö

Päivämäärä 26.4.2018	Sivumäärä 31	Liitteet 12
----------------------	--------------	-------------

Tiivistelmä

Tämä opinnäytetyö sisältää keskijännitekojeiston toimilaitteeseen liittyvä testiyksikön suunnittelun. Testiyksikkö on suunniteltu keskijännitekojeiston VEKE 24 kehitysprojektin yhteydessä.

Tavoitteena testiyksiköllä oli että asentajat voivat varmistaa toimilaitteen täydellisyys ennen asennus kojeistokennoon. Aiemmin toimilaite on ollut sisäisesti kytketty kojeistoon mutta päivityksen jälkeen se tulee olemaan pistokekytkennällä, mikä mahdollistaa testaus ennen asennusta. Toimilaite liittyy kojeiston ohjaukseen ja auttaa käyttöturvallisuuteen, näin ollen se on tärkeä että toimilaite toimii miten pitäisi.

Testiyksikkö tulee auttamaan ajansäästössä ja helpottamaan kojeiston mahdollisissa väärinkytkennoissä, koska toimilaitteen kytkennät voi jättää pois vikaetsintävaiheessa ja siten välttää purkausta.

Kieli: ruotsi	Avainsanat: keskijännitekojeisto, sähköasema, toimilaite
---------------	--

BACHELOR'S THESIS

Author:	Jesper Ceder
Degree Programme:	Electrical Engineering, Vaasa
Specialization:	Electrical Power Engineering
Supervisor:	Ronnie Sundsten

Title: Test Unit for a Medium Voltage Switchgear's Control Unit

Date April 26, 2018	Number of pages 31	Appendices 12
---------------------	--------------------	---------------

Abstract

This bachelor's thesis comprises the planning process of a control unit, which is going to be used in a medium voltage switchgear. The test unit is planned in connection with a product development of the medium voltage switchgear VEKE 24.

The goal of the test unit was that the assemblers can be sure that the control unit is complete before they connect the control unit to the switchgear cubicle. Earlier the control unit has been internally connected to the switchgear, after the update it will be connected through plugs, which will make it possible to test the unit before installation. The control unit is included in the switchgears supervision system and contributes to a safe usage of the cubicle. It is therefore essential that the control unit works as it should.

The test unit is going to contribute to timesaving and ease in eventual misconnections, since you can exclude the control unit in the fault search process and hence avoid removing the control unit from the cubicle.

Language: Swedish	Key words: control unit, medium voltage switchgear, substation
-------------------	--

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
1.1	Bakgrund.....	5
1.2	Syfte och problemprecisering.....	5
1.3	Uppdragsgivare, VEO OY	6
2	Teori.....	6
2.1	Elnätet.....	6
2.2	Elstation.....	7
2.3	Ställverk.....	11
2.3.1	Högsämningsställverk.....	12
2.3.2	Lågsämningsställverk.....	13
2.3.3	Mellansämningsställverk.....	14
2.4	Skensystem	16
2.5	20 kV komponenter	17
2.5.1	Brytare	17
2.5.2	Mätrransformatorer.....	19
2.5.3	Skyddsrelä	21
2.5.4	Ljusbågsäkydd	22
2.5.5	Jordningskopplare.....	24

Bilagor

1 Inledning

Arbetet behandlar planeringen av en testenhets till ett manöverdon för ett mellanspanningsställverk. Då det kommer till elektrifieringslösningar är driftsäkerheten en väsentlig del av processen, och det är bland annat manöverdonets uppgift att upprätthålla driftsäkerheten i mellanspanningsställverket.

I teorin berättas det om elstationer och ställverk samt deras viktigaste komponenter. Även en genomgång av det finska elnätet och dess uppbyggnad genomgås för att få förståelse vad elstationers och ställverks syfte och användningsområde är. Den praktiska delen består av planeringen av testenhets i ritprogrammet AutoCAD. Examensarbetet har gjorts för VEO:s *Substation* avdelning i samband med en produktutveckling men slutprodukten kommer att användas på VEO:s fabrik i monteringskedet.

1.1 Bakgrund

I och med den uppdaterade energi- och klimatstrategin och ett mål om ett energi-renare Finland, investeras det mera än förr i det finska elnätet. Detta innebär bland annat uppdatering av befintliga elstationer samt byggandet av nya. (Arbets- och näringsministeriet, 2018)

En uppdaterad version av det befintliga 20 kV mellanspanningsställverket VEKE 24 är under planering. Ställverkets huvudsakliga komponenter är brytaren, jordningskopplaren, mätinstrumenten och mättransformatorerna.

Detta arbete har att göra med manöverdonet som är kopplad till brytaren, brytarvagnen och jordningskopplaren. Manöverdonet styr och låser komponenterna mekaniskt samt elektroniskt.

1.2 Syfte och problemprecisering

Syftet för arbetet utgår från uppdateringen av mellanspanningsställverket och en märkbar ändring i manöverdonet. Arbetet skall säkerställa att manöverdonets inre kopplingar och kablage är hela och fungerande. För tillfället sker testningen av manöverdonets funktionalitet i samband med hela ställverkets testning. Ifall felkoppling eller dylika fel, orsakade av manöverdonet,

framkommer i detta skede måste testningsprocessen avbrytas och montör kallas på plats. I värsta fall kan det gå flera dagar åt att åtgärda problemet.

Tidigare var manöverdonet internt kopplat med ställverket men i den uppdaterade versionen är det anslutet med stickkontakter. Detta möjliggör att man kan testa manöverdonets kopplingar före montering och således, i förebyggande syfte spara tid.

För tillfället finns ingen specifik apparat som kan utföra testningen, denna skall planeras.

1.3 Uppdragsgivare, VEO OY

Vaasa Engineering Oy grundades 6.12.1989, till följd av fusionen av ASEA, Brown Boveri och Strömberg, vilket skulle göra en märkbar ändring på den nordiska energimarknaden. I dagsläget har företaget har cirka 350 anställda och 2016 låg deras omsättning på cirka 70 miljoner euro. Huvudkontoret ligger i Vasa och var det första energitekniska företaget i det nuvarande energiklustret i Runsor. Utöver huvudkontoret har VEO ett kontor i Pemas och Seinäjoki, utomlands har de två försäljningskontor, ett i Norge och ett i Sverige.

Företaget är specialiserat på lösningar inom energisektorn. De erbjuder automations- och elektrifieringslösningar för kraftverk, elöverföring och eldistribution. Företaget är uppdelat i fem olika avdelningar: Diesel- och Gaskraftverk, Elstationer, Vattenkraft, Expert Service och Industri. (VEO, 2018)

2 Teori

I detta kapitel behandlas det finska elnätet, elnätets uppbyggnad, elstationer, ställverk och dess väsentliga komponenter samt kretsscheman.

2.1 Elnätet

Det finska elsystemet är uppbyggt i följande struktur: stamnät, regionnät, distributionsnät och konsumenter. 75 procent av den nationella elöverföringen går via stamnätet, vars spänningar ligger på 110 kV, 220 kV och 400 kV. De höga spänningarna beror på att överföringsförlusten

skall hållas så låg som möjligt för att kunna uppehålla ett stabilt elnät. Inget behov av högre spänningar än de nuvarande anses nödvändiga. Stamnätets kraftledningar uppnår en total längd på 14 600 kilometer och består av 116 elstationer.

Finlands stamnät tillsammans med Sveriges, Norges och östra Danmarks stamnät är en del av det samnordiska elsystemet. Dessutom är det kopplat via en likströmsförbindelse till Estland och Ryssland.

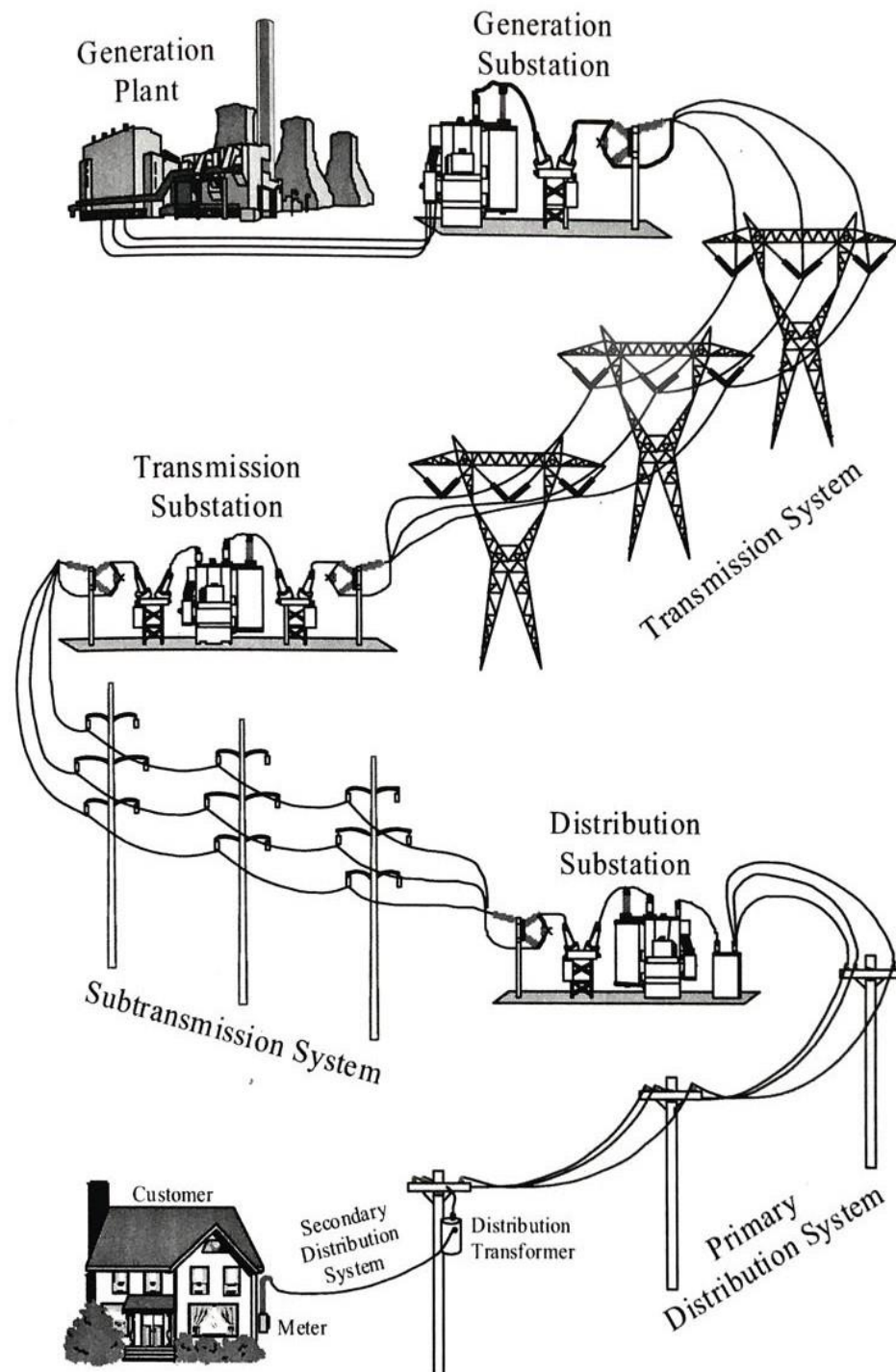
Energimyndigheten har utsett Fingrid som ansvarig över Finlands stamnät. Vilket innebär att Fingrid kontrollerar, underhåller, planerar, utvecklar och övervakar det finska stamnätet. Fingrid har som mål att utveckla det nuvarande elnätet genom en investering på 1,2 miljarder euro under åren 2015–2025. Cirka 30 nya elstationer och 3000 kilometer kraftledningar är under planering. Investeringen är en följd av Finlands mål att bli mindre importberoende och mera självförsörjande inom elproduktionen.

Regionnätet är ihopkopplat med stamnätet men dess spänningsnivå ligger på 110 kV och överförs regionalt. Distributionsnäten är också kopplade till stamnätet men har en spänningsnivå på 0,4–110 kV. Distributionsnäten överför energi till hushåll och annan förbrukning. (Fingrid, 2018)

2.2 Elstation

Kvaliteten spelar en väsentlig roll i energiindustrin. Kraftverken skall se till att producera energi enligt efterfrågan, överföringen skall ske utan att rubba stabiliteten och distributionen skall finna sin väg fram till varenda kund, samtidigt som elen skall vara inom en rimlig prisklass. För att uppnå dessa mål behövs elstationer.

Tekniskt sätt är en elstation den punkten i elöverföringen som kan utföra kopplingar, ändra spänningar eller förflytta och centralisera elenergin till olika förbindelser. En elstation inkluderar ett skensystem som är ihopkopplat med elnätet, skenan sammankopplar också stationens olika högspänningskomponenter som brytare, frångiljare och transformatorer. Figur 1 visar den grundläggande idén för olika elstationer i elnätet.



Figur 1. Olika typer av elstationer (Brown, 2009).

Förklaringar till stationerna i figur 1:

Kraftstationer (Generation Substation)

- Placerade vid kraftverken.
- Kopplar kraftverken till stamnätet genom en transformator som höjer spänningen till överföringsnivån.

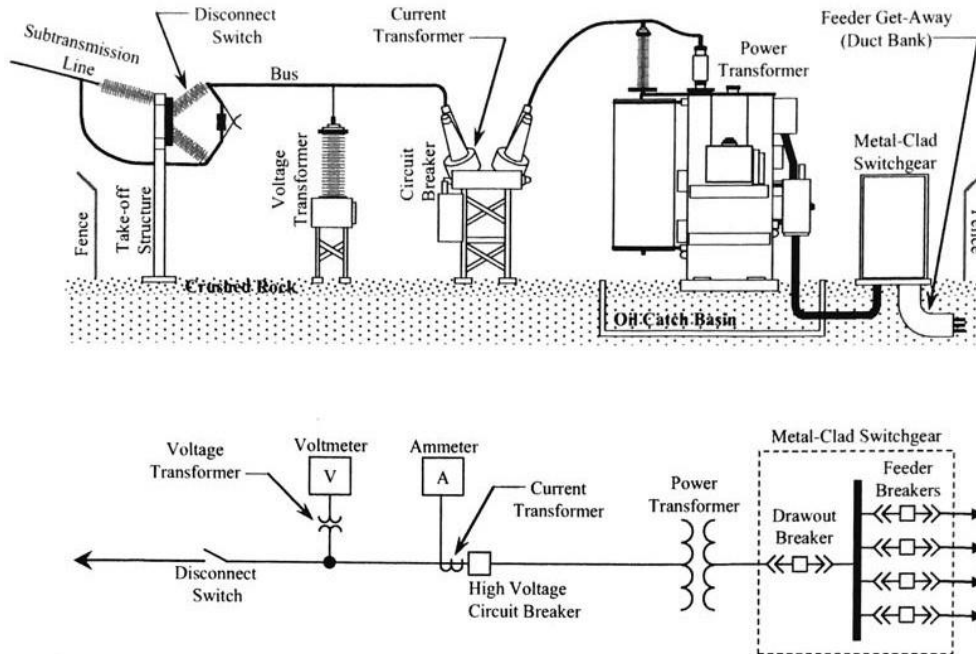
Överföringsstationer (Transmission Substation)

- Utför omdirigeringar eller sänker spänningar till distributionsstationerna
- Överför stora mängder energi.

Distributionsstationer (Distribution Substation)

- Punkten i nätet där överföringslinjerna avslutas och omdirigeras.
- Distribuerar användares elektricitet.
- Placerade nära lasten, så som hushåll och andra faciliteter.

Distributionsstationerna tillhör den vanligaste typen av elstationer och är VEO:s elstationsavdelnings primära projektgrupp. Mellanspänningsställverk är gjorda för att användas i distributionsstationer. Eftersom arbetet handlar om ett mellanspänningsställverksmanöverdon kommer en mera detaljerad beskrivning av distributionsstationen följa.



Figur 2. En distributionsstations fasadritning och motsvarande enlinjeschema. (Brown, 2009)

I figur 2 ser man den matande linjen komma direkt från överföringslinjen in till stationen och avslutas i en så kallad take-off konstruktion, vilket betyder att linjen slutar där. På samma stälkonstruktion är en fränskiljare monterad som linjen sedan går igenom, fränskiljaren ser till att man på ett synligt sätt kan skilja elstationen från elnätet. Skenan (Bus) som överför strömmen genom elstationen är kopplad till fränskiljaren. Skenan fortsätter genom en spänningstransformator och sedan en strömtransformator. Strömtransformatorn är monterad på en högspänningsbrytare som skyddar transformatorn som följer. Transformatorn sänker sedan spänningen till distributionsnivå och sammankopplar det metallkapslade ställverket (Metal-Clad Switchgear) till stationen.

Nere på figur 2 är samma elstation illustrerad i ett så kallat enlinjeschema, där alla komponenter men även mellanspänningsställverkets uppbyggnad presenteras. Som man ser i enlinjeschemat är

högspänningstransformatorn kopplad till ställverket genom en utdragbar vagnbrytare som är kopplad till ett nytt skensystem inom ställverket. Skensystemet i ställverket förser fyra utgående linjer med ström där alla har en egen brytare. De utgående linjerna distribuerar elektricitet till olika områden genom jordkablar. Elstationen i fråga är en väldigt simpel variant av en station och är inte hållbar vid felsituationer, mera komplicerade varianter kan byggas med hjälp av flera skenor och flera brytare vilket tas upp i kapitel 2.4. (McDonald, 2007, ss. 1.1–1.2; Brown, 2009, ss. 3–9)

2.3 Ställverk

Benämningen ställverk syftar på en helhetskonstruktion som innehåller kopplings-, skydds-, styr- och övervakningsapparater. Ställverket är den del av elstationen där elen samlas för att sedan delas till mindre områden. Nyttan med fördelningen kommer då fel uppstår i elnätet eller ställverket. Det möjliggör att man kan isolera den del av nätet där felet uppstått i och sedan återuppta överföringen utan längre uppehåll.

Ställverk kan vara placerade utomhus eller inomhus och man talar om öppna eller kapslade ställverk. Öppna ställverk används i dagsläget endast utomhus. Förr byggdes det dock öppna ställverk inomhus också men på grund av utrymmesbrist är dessa numera kapslade som använder gas eller luft som isolerings medium. Utöver öppna, kapslade, utomhus- och inomhusställverk kan även dela in dem efter spänningsnivån i hög-, mellan och lågspänningsställverk. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 117–121)

Eftersom benämningen ställverk är så bred så kan komponenterna på inomhus- och utomhusställverk skilja till viss mån, men i vanligaste fallen i Finland är inomhusställverken till för utrustningen som kontrollerar och styr utomhusfältets komponenter. Viktigaste komponenten på utomhusställverk är huvudtransformatorn, vars uppgift är att sänka högspänningen till mellanspänning, begränsa kortslutningseffekten och galvaniskt skilja kretsarna. Andra komponenter på utefältet är mättransformatorer, högspänningsbrytare och högspänningsfrånskiljare som styrs från kontrolltavlan i inomhusställverket. VEO:s flesta projekt omfattar elstationer med ställverk av storleken 110 och 20 kilovolt. (Varjonen, 2013)

För att sammanfatta så behövs ställverk för att:

- Isolera felaktig utrustning.
- Dela upp stora elnät i reparationssyfte.
- Omstrukturera ett nät för att återuppta elleveransen.
- Kontrollera annan utrustning.

(Blomqvist, 2003, s. 157; Stewart, 2004, s. 1)

2.3.1 Högspänningsställverk

Högspänningsställverket är alltså den delen där högspänningslinjen kommer in till elstationen och var fränkiljaren, brytaren, mättransformatorer, huvudtransformatorn, släckningssystem och egenförbrukningstransformatorn placeras. Högspänningsställverk går att installeras både utomhus och inomhus. Utomhusställverk använder den omgivande luften som isolering och kräver därmed ett större byggnadsutrymme. I Finland är utomhusställverk vanligare men i tätbebyggda områden där det är brist på utrymme byggs fortfarande högspänningsställverk inomhus med hjälp av t.ex. SF₆ gasisolering. Utomhusställverk är på grund av ekonomiska skäl den vanligaste sorten av högspänningsställverk trots att fördelarna med inomhusställverk är många.

Vid planering av högspänningsställverk bör man ta följande punkter i beaktande:

- Brytarna skall gå att servas och bytas riskfritt utan att driften stängs ner.
- Driftspersonalen skall inte kunna utsättas för faror orsakade av ställverken, så som ljusbågars gas och strålning.
- Spridningen av kortslutningsljusbågar och dess möjliga skador skall minimeras.
- Spänningsförande delars placering och dess säkerhetsavstånd skall uppfyllas enligt SFS 6001 standarden.
- Strömskenorna måste väljas enligt de tekniska och ekonomiska förutsättningarna.

- Stationskonstruktionen skall vara uppbyggd på ett sådant sätt att skensystemet, ledningarna och styrkablarna blir så korta och enkla som möjligt.

(Elovaara & Haarla, 2011, ss. 117–119; Varjonen, 2013)

2.3.2 Lågspänningsställverk

Lågspänningsställverk som också kallas för delningscentral, är en central vars nominella spänning alltid är lägre än 1000 V. Lågspänningscentralen i en elstation är placerad inomhus och fungerar som strömkälla för alla växelspänningsapparater i stationen.

Förr byggdes öppna centraler, men dessa produceras sällan nuförtiden, i undantagsfall där det ännu finns öppna centraler måste centralutrymmet vara låst och endast tillgängligt för behörig personal. Lågspänningsställverk kan delas in enligt användningsområde så som huvudcentraler, gruppcentraler, mätcentraler, motorcentraler och arbetsplatscentraler.

Till industrier tillverkas i dagsläget så kallade fackcentraler, de lägger vikt på driftsäkerhet och snabbt och enkelt utbyte av komponenterna. Facken kan byggas fästa i centralen men också på utdragbara skenor.

Kapslade centraler delas in i grupper beroende på deras IP-klass (*International Protection*). Grupperna är beröringsskyddad, fukt tät och sprängskyddad. I beröringsskyddade centraler kommer man åt spänningsförande delar endast om man med verktyg lösgör skyddsplåtar eller andra skydd. De måste placeras i ett torrt och brandsäkert utrymme. Centralerna kan, beroende på storlek, installeras direkt på vägg eller fällas in i väggen.

Fukttäta centraler används mest i industrimiljöer och utomhus men kan också användas i torra inomhus utrymmen. Ifall det i utrymmet förvaras frätande ämnen kan denna typ av central användas.

De mest använda lågspänningsställverken är fastighetscentraler. Denna typ av central innehåller fastighetens nödvändiga apparater så som huvudbrytare, säkringar och snabbsäkringar. (Aura & Tonteri, 1993, ss. 344–348)

2.3.3 Mellanspänningsställverk

Ett mellanspänningsställverks komponenter har samma funktionalitet som i ett högspänningsställverk men uppbyggnaden och dimensioneringarna skiljer. VEO:s produkt VEKE 24 är ett mellanspänningsställverk som kan användas vid 11, 17,5 eller 20 kilovolts spänning. Det är ett metallkapslat luftisolerat ställverk, utrustat med utdragbar vakuumbrytare. Ställverket uppfyller följande standarder:

- IEC 62271–200 Metallkapslat ställverk för 1 – 52 kV märkspänning.
- IEC 62271–1 Allmänna krav avseende högspänningsställverk.
- IEC 62271–100 Högspänningsbrytare för växelström.
- IEC 62271–102 Jordningskopplare.
- IEC 62271 – 105 Säkringslastfrånskiljare.
- IEC 60044–1 Strömtransformatorer.
- IEC 60044-2 Spänningstransformatorer.
- IEC 60529 Skyddsklasser (IP-klass).

Ställverket är testat att klara av kontinuerlig 24 kV spänning, driftfrekvent överspänning på 50 kV och 125 kV stötspänning. Med driftspänningen 24 kV uppnår strömtåligheten 630 – 2000 A, 25 kA kortslutningsström i tre sekunder och 63 kA stötkortslutningsström.

Ett mellanspänningsställverk består av flera ställverksfack (eller enheter). Vanligen består mellanspänningsställverk av ett matningsfack som levererar ställverkets el, ett mättingsfack som mäter skenornas spänningar och enligt beställning x-antal fördelningsfack. Ingen skild frånskiljare behövs eftersom ställverket har vagnbrytaren som samtidigt fungerar som frånskiljare. Brytarvagnen kan antingen manövreras för hand eller med hjälp av en inbyggd motor.

Nedan beskrivs de olika utrymmena i VEKE 24 ställverksfacket.

1. Kabelingång

Inkommande eller utgående kablar kommer nedre vägen under golvet till kabelingången.

2. Kabelfack

Här placeras strömtransformatorer, jordningskopplaren, överspänningsskydd och kabelterminaler.

3. Manöverdon (kap. 2.6)

4. Vagnbrytarfack (kap. 2.5)

5. Apparatskåp

Består av reläer, kontaktorer och radklämmare. De vanligaste relätyperna VEO använder i sina kontrollskåp är VAMP, ArcTeq och ABB.

6. Kabelkanal för lågspänningskablar

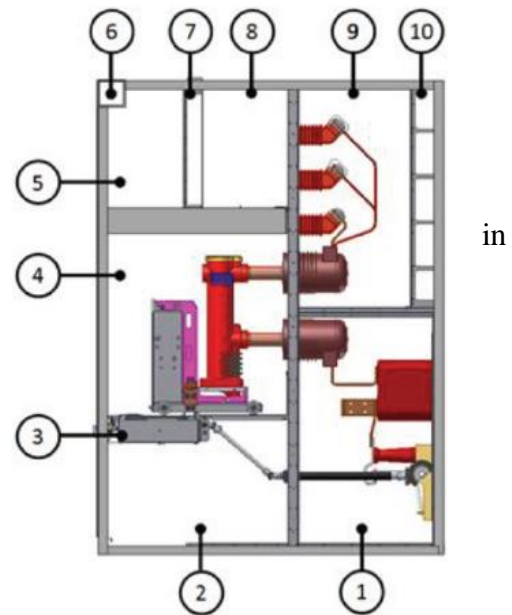
Lågspänningskablar som sammankopplar fackens styrningar, är placerade i kabelkanalen. Kanalen bildar en enhetlig kanal i ställverkets längdriktning.

7. Ventilationskanal

Vid behov kan en fläktenhet anslutas till kanalen.

8. Brytarutrymmets ljusbågsavlastningskanal

Eventuella ljusbågars gaser och flamma avlastas i den försedda kanalen som går igenom hela ställverket.



Figur 3. Profilbild på ett VEKE 24 ställverksfack. (VEO Oy).

9. Skenfack

I skenfacket sammankopplas de olika ställverksfackens skenor. Skenfacket går igenom hela ställverket och fungerar samtidigt som en inbyggd utloppskanal för ljusbågs-gaser.

10. Kabelkanal/tryckavlastningskanal

Har samma funktion för kabelkanalen som brytarens ljusbågsavlastningskanal (8) har för huvudkomponenten.

(Roddis, 2017; Varjonen, 2013; VEO Intra, 2018)

2.4 Skensystem

Skensystemets uppgift i ett ställverk är att vid olika överföringssituationer möjliggöra diverse kopplingslösningar. Man talar om huvudskenan (main busbar), när man kopplas till den via en brytare, och hjälpskenan (by-pass busbar, auxiliary busbar) ifall kopplingen endast sker via en fränskiljare.

Ställverkets skensystem kan byggas upp enligt många system men de grundläggande typerna är:

- Skenfritt system.
- Enkelskena.
- Enkelskena + hjälpskena, enkelbrytare.
- Dubbelskena, dubbelbrytare.

Skenfria system används vanligtvis i enkla ändstationer som endast har en transformator. Elöverföringen går inte att dela upp och brytaren går inte att förbikoppla. Vid service och underhåll av komponenterna måste stationen tas ur bruk.

System med enkelskena är till grunden samma som det skenfria bara att man uppnår mera flexibilitet genom att dela upp skenan med brytare eller fränskiljare. Antalet brytare och fränskiljare beror på i hur många delar systemet skall kunna delas upp i. Denna typ av system är

billigt och tydligt men grupperingsmöjligheterna är begränsade. För att undvika att ta hela stationen ur bruk vid reparation och underhåll, kan man utrusta brytarna med förbikopplingsfrånskiljaren.

I systemet som omfattar en enkelskena med hjälpskena och enkelbrytare, fungerar ena skenan som huvudskena och andra som hjälpskena. Förbrukningen kan dock endast vara fördelad till huvudskenan. Med hjälp av en skenbrytare och förbikopplingsfrånskiljare är det möjligt att göra underhållsarbeten på brytare utan att avbryta överföringen. Överföringen avbryts endast så länge det tar för förbikopplingen. Systemet går att användas på alla spänningsnivåer.

Systemet med dubbelskena och dubbelbrytare, eller det så kallade Duplex systemet är ett driftsäkert alternativ då det kommer till skensystem. Förbrukningen går att dela och systemet är lätt att utbygga. Reläskyddet förenklas då varken hjälpskena eller skenbrytare behövs. Nackdelen med detta system är att de är dyra på grund av det höga antal brytare och mättransformatorer som behövs.

Vid val av skensystem utgår man från hur användbart och pålitligt systemet är i olika situationer. Ju färre möjliga felsituationer kan uppstå i stationen väljer man ett enklare system och vice versa. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 102–107)

2.5 20 kV komponenter

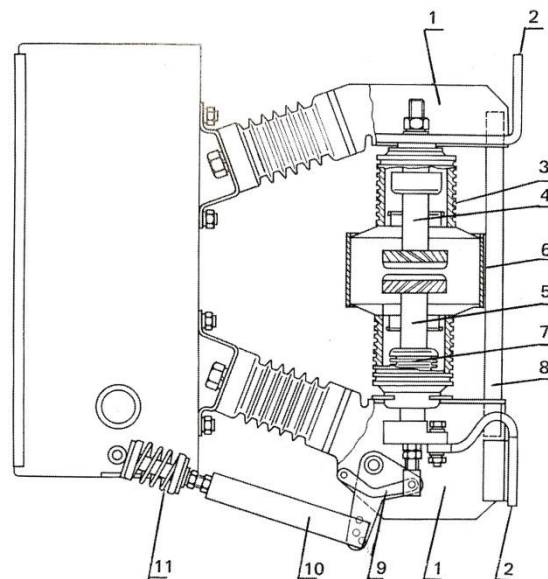
Eftersom det praktiska arbetet görs för ett mellanspänningsställverk, behandlas endast mellanspänningsställverkets tillhörande komponenter och funktionsprinciper. Som ställverkstyp används VEKE 24 och dess komponenter, dock kan andra motsvarande komponenter användas för samma ställverk på samma spänningsnivå.

2.5.1 Brytare

Alla typer av brytare har två lägen, ett normalläge och ett driftläge. I normalläge skall brytaren klara av att leda lastströmmen utan förluster och överhettning. I driftläge skall den däremot kunna agera som isolator mellan två ledande delar. I båda lägena skall brytaren klara av strömmar som är många gånger högre än märkströmmen, utan att skadas.

Brytaren är den viktigaste komponenten då det kommer till elöverföring, därmed är det den dyraste också. Tidigare hörde fränkskiljaren till samma grupp men tack vare utvecklingen av brytaren har man åstadkommit så kallade fränkskiljande brytare som fungerar som både fränkskiljare och brytare. Vanliga fränkskiljare är ändå en komponent som förekommer i de flesta elstationer men inte just i mellanspänningsställverket.

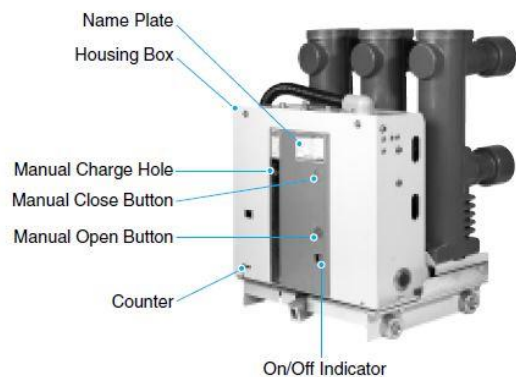
Brytarens huvudsakliga uppgift är att öppna och sluta en ledande krets. De kan manövreras för hand eller per automatik. Automatiska öppningen sker oftast på ett kommando från ett skyddsrelä som känner av t.ex. en kortslutningsström eller en jordsfölsström. Reläet som meddelar detta får strömmätningarna via mättransformatorer inom ställverket (kap. 2.5.2).



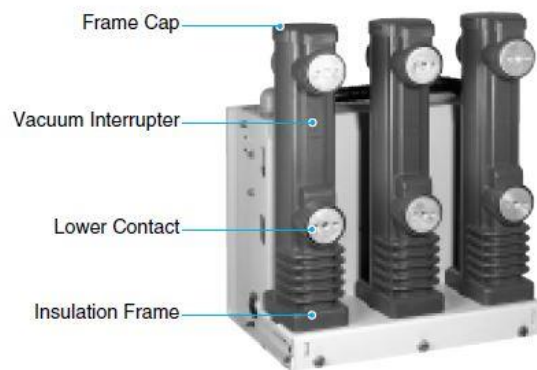
Figur 4. Vakuumbrytarens uppbyggnad. 1) brytarens bäranordning, 2) anslutningspunkt, 3) keramisk isolator, 4) fast kontakt, 5) rörande kontakt, 6) släckningskammare, 7) metallbälge, 8) isolerande stöd, 9) styrspeke, 10) isolerande skaft, 11) styrfjäder. (Elovaara & Haarla, 2011)

I sina mellanspänningsställverk använder VEO sig av vakuumbrytare som är installerade på en utdragbar vagn i ställverksfacket. Brytaren är fastsatt i styrenheten med två gjutharts isolatorer. Metallbälgen ser till att den rörliga kontakten får sin vertikala rörelse och släckningskammaren skyddar metallångor från att nå de keramiska isolatorerna.

Då brytaren fått kommandot att öppna, dras kontaktytorna (4 och 5) isär och brytströmmen flyter i form av en ljusbåge i den joniserade metallången som uppstår mellan kontaktytorna. Då strömmen går mot sin första nollpunkt avjoniserar metallången, ången blir allt tätare och därefter slocknar ljusbågen och strömmen bryts före nollgenomgången. Kontakterna är utformade så att ljusbågen tvingas rotera, vilket gör att ljusbågsfotpunkten aldrig når kontaktmaterialets smältpunkt.



Figur 5. HVF brytarens framsida. (Hyundai)



Figur 6. HVF brytarens baksida. (Hyundai)

I VEO:s mellanspanningsställverk används Hyundais HVF brytare. Konstruktionen är en kompakt lösning som består av styrenheten samt en brytare per fas. Styrenheten använder fjädrar som laddas med hjälp av en motor för att uppnå en snabb brytarfrekvens. Brytaren är monterad på en utdragbar vagn som underlättar vid eventuella reparations- eller underhållsarbeten. (Hyundai)

På grund av vakuumbrytarens hållbarhet och låga servicebehov är den väldigt konkurrenskraftig på mellanspanningsnivå. (Blomqvist, 2003, s. 176; Elovaara & Haarla, 2011, ss. 161–162, 182–184)

2.5.2 Mättransformatorer

Mättransformatorer används för att mäta strömmar och spänningar i ställverket. Deras huvudsakliga uppgifter är att galvaniskt skilja mätkretsen från huvudkretsen, ändra mätområdet så att skydds- och mätutrustning kan uppfylla diverse standarder, skydda mätare från

överbelastning och göra det möjligt att placera mätare och reläer bortom den egentliga mätpunkten.



Figur 7. 20 kV:s strömtransformator, kabelströmtransformator och spänningstransformator (ESITAS, 2018)

I mellanspänningsställverket används konventionella strömtransformatorer, kabelströmtransformatorer och spänningstransformatorer. Vad dessa har gemensamt är att de alltid har en primär- och sekundärsida och använder sig av normal transformorteknologi.

I de konventionella strömtransformatorerna förs strömmen genom primärsidan medan sekundärsidan kopplas till reläet med lämplig ström. Dessa mäter fasströmmen, strömskillnaden samt överströmmar. De transformatorer som används i VEKE 24 kan antingen ha en eller två sekundärlindningar. Fördelen med två är att de kan användas till både skydds- och mätkretsar. Omsättningen går också att ändra mellan t.ex. 50/1 A och 100/1 A, genom att flytta på en sammankopplingsbit på sekundärsidan.

Kabelströmtransformatorerna mäter eventuella inducerade jordfelsströmmar. Dess ringkonstruktion möjliggör att alla faser kan föras igenom transformatorn och således bilda primärlindningen, sekundärlindningen är sedan kopplad till reläet.

Då strömtransformatorer är kopplade till nätet och i drift, är sekundärsidan allt som oftast kortsluten och strömmarna hålls låga. Om man dock öppnar sekundärsidan kan livsfarligt höga spänningar mellan sekundärlindningens kontakter uppstå, som kan förstöra ställverkets komponenter. Därför får man aldrig öppna sekundärsidan då transformatorn är kopplad till nätet. Ifall nya komponenter bör installeras på sekundärsidan måste man först kortsluta kretsen och sedan koppla komponenterna i serie med de befintliga.

För att begränsa de höga potentialerna på sekundärsidan bör strömtransformatorernas någondera pol jordas. Ifall transformatorlindningen är ansluten till ett relä, brukar man jorda den pol som är

närmast reläet, om den är ansluten till mätare jordar man polen närmast förbrukningen och ifall den används till båda, jordar man också polen närmast reläet.

Spänningstransformatörer används i ställverkets mätarfack, facket är inte försett med brytare som de andra utan har en så kallad mätarvagn. I vagnen finns en spänningstransformator per fas, där sekundärsidan har två lindningar. Ena lindningen mäter skenspanningen och andra jordfelsspanningen. Ställverkets matningsfack innehåller också en spänningstransformator, som mäter spänningen mellan två faser. Allas sekundärlindningar är kopplade till reläer och är allt som oftast i tomgång. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 198–224; Varjonen, 2013)

2.5.3 Skyddsrelä

Enligt SFS standard 60050–448 består nätets skyddssystem (*protection system*) av, skyddsapparaterna, mättransformatorerna, ledningsdragningen, utlösningsskretsen, kraftkällor, dataöverföringssystemet och återkopplingsautomatiken, men inte brytarna. I samma standard beskrivs skyddets (*protection*) uppgift som: upptäcka fel och onormala omständigheter i kraftsystem, så att felen eller omständigheterna går att åtgärdas. Skyddsreläet kan ses som endast reläsystemet men samtidigt som hela skyddssystemet.

Skyddsreläer används för att vi skall uppehålla ett säkert och stabilt nätverk. De kontrollerar, agerar och återställs med basis på de storheter de mäter. Mätvärdena kommer från mättransformatorerna. Nedan förklaras några viktiga termer som förknippas med reläer.

Start/pick-up

- Betyder att reläet reagerar då den mätta storheten skiljer från det inställda värdet.

Trip command

- Är det kommando reläet skickar då *pick-up* tiden varat tillräckligt länge. Detta kan vara ett kommando till brytaren att den skall öppnas, ett alarm till någon annan enhet eller både och.

Reset/drop-out

- Ifall det detekterade felet försvinner före *trip*-kommandot hunnit skickats, återställer (*reset*) sig reläet.

Operating time

- Den tid det tar från att reläet reagerar till det att *trip*-kommandot skickats.

Reset time/drop-out time

- Den tid det tar för reläet att återgå till normalläge efter att mätstorheten gått över gränsen.

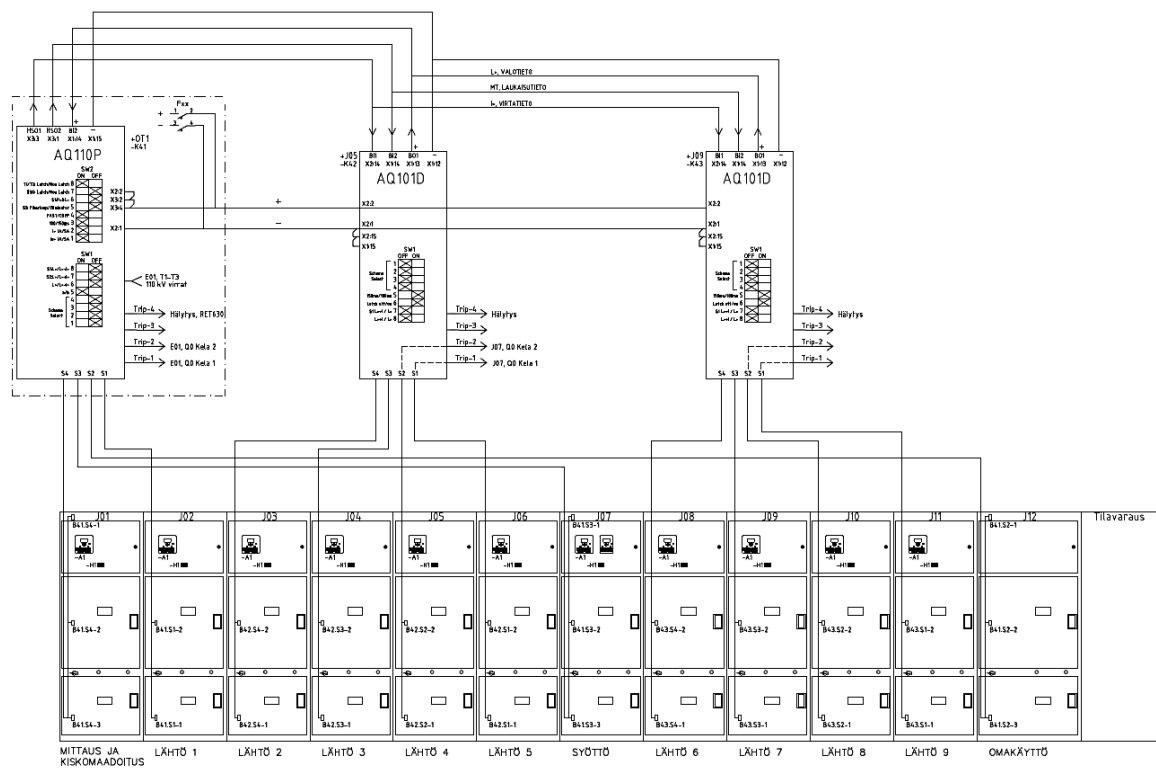
Fault clearance time

- Den tid det tar från att felet upptäckts till att felet åtgärdats.

Ett bra skyddssystem är snabbt, pålitligt, känsligt och framför allt selektivt. Med selektivt menas att det skall vara möjligt att koppla bort den del av ställverket där felet uppstår och fortsätta eldistributionen som vanligt i de andra delarna. Reläer ser till att varken fara för människor, djur och apparater uppstår. Reläernas vanligaste skyddsfunktioner kontrollerar överström, underström, överspänning, underspänning, jordningsfel och differentialfel. (Elovaara & Haarla, 2011, ss. 335–344)

2.5.4 Ljusbågsskydd

Till ljusbågsskyddet hör ljusbågssensorer och reläet. Sensorerna placeras i varje ställverks kabelfack och brytarfack, beroende på ställverkets längd installeras sensorer med jämna mellanrum även i skenfacket. Figur 8 är ett exempel på ett 20 kV ställverks ljusbågsskydd.



Figur 8. Mellanspänningsställverks ljusbågsskydd (VEO Intra, 2018).

Härefter förklaras funktionsprincipen för ljusbågsskyddet i figur 8, för att få en förståelse hur ljusbågsskyddet i ett ställverk kan byggas upp.

Ställverket består av elva ställverksfack, varav ett är mättingsfack ett matningsfack och ett egenförbrukningsfack. I de avvikande facken installeras även sensorer i skenfacket, i de andra facken finns det bara sensorer i brytar- och kabelfacket. Ljusbågsreläerna är till antalet tre, varav ett är centralenheten (t.v.) och de två andra hjälpreläer. Centralenheten mäter utefältets ström på 110 kilovolt sidan, medan hjälpreläerna samlar information från sensorerna på tjugo kilovolt sidan och skickar sedan uppgifterna till centralenheten. Ifall ljusbåge uppstår i något av ställverksfacken samtidigt som 110 kilovolt sidans strömvillkor uppnås, öppnas matningsfackets och 110 kilovolt brytarna. På samma gång skickar centralenheten alarm till fjärrstyrningen. Ifall enbart sensorerna reagerar skickas det bara alarm till centralenheten utan att brytare öppnas. (VEO Intra, 2018)

2.5.5 Jordningskopplare

Jordningskopplaren är till för att man under servicejobb skall kunna arbeta säkert. Varje enskilt ställverksfack har en egen jordningskopplare som inte går att ansluta ifall respektive brytare ännu är sluten. Om man skall serva ett facks brytare behöver endast det fackets jordningskopplare vara sluten, men vid skenarbeten bör alla facks jordningskopplare vara anslutna. (Varjonen, 2013; VEO Intra, 2018)